

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikka  
Tietoliikenteen koulutusohjelma

Tutkintotyö

Satu Partio

**VOIP**

Työn ohjaaja: Koulutuspäällikkö Ari Rantala  
Tampere 3/2012

Tampereen ammattikorkeakoulu

Tietoliikenteen koulutusohjelma

Tekijä Satu Partio

Työn nimi VoIP

Sivumäärä 42

Valmistumisaika Toukokuu 2012

Työn ohjaaja Ari Rantala

## TIIVISTELMÄ

Tässä työssä kerrotaan Internetin avulla toimivasta kommunikointitekniikasta VoIP:sta. Työn tarkoitus on kertoa miten VoIP toimii ja mihin sitä käytetään. Lisäksi perehdytään tarkemmin tekniikkaan, joka siihen liittyy. Työssä kerrotaan tekniikan eduista sekä ongelmista, kuten myös tietoturvan tarpeesta ja tarpeellisista suojauksista.

Puhuminen Internet-protokollan avulla on ollut jo 30 vuotta sitten mahdollista ja tekniikan kehittyessä se tuli pikkuhiljaa arkipäivän kommunikointiratkaisuksi jokaisen ulottuville. VoIP toimii Internetin periaatteiden mukaisesti eli samoja protokollia, koodauksia sekä tiedonsiirtotapoja noudattaen. VoIP tuo mukanaan myös uusia ongelmia. Roskapihelut sekä tiedonsiirtokaistan riittävyys tuovat haasteita tekniikan kehittäjille.

VoIP:n edullisuus, saatavuus sekä helppokäyttöisyys tekevät siitä suosittua. Nykyään Internet on lähes joka paikassa saatavilla langattomien yhteyksien ansiosta, joten uusien matkapuhelimien ansiosta VoIP on käytössä niin kotona kuin kaupassakin. Tekniikan käytön kohteita on paljon ja tulevaisuudessa niitä yhä enemmän hyödynnetään. Jo nyt VoIP on yleistynyt myös faxeihin ja se alkaa olla lähes jokaisen uuden matkapuhelimen käytettävissä.

Avainsanat

VoIP, IP-puhe, IP, Internet

TAMK University of Applied Sciences  
Information technology, telecommunication technology

Writer	Satu Partio
Thesis	VoIP
Pages	42
Graduation time	May 2012
Thesis Supervisor	Ari Rantala

## ABSTRACT

This thesis presents one communication technology, VoIP. This includes the technic how it works and some details of protocols, gateways and coding the voice. Here is also told about the benefits and problems of VoIP. Security issues are also considered.

Voice over Internet Protocol has been possible already 30 years. Since then it have been developed and bit by bit it came available for everyone. VoIP uses the same protocols, coding and data transferring as Internet. It has already gained huge popularity and in the future it will only grow. Nowadays faxes and cellular phones use VoIP and new devices are going to benefit from the VoIP technology.

VoIP also causes many problems. SPAM over telephone is one of the biggest problems in future with VoIP. Bandwidth for the data transferring will be needed more, because VoIP uses more bandwidth than normal surfing on the Internet. Because VoIP is free or very cheap, easy to use and available nowadays almost anywhere, there is no power to stop development and should not be.

Keywords	VoIP, IP-puhe, IP, Internet
----------	-----------------------------

## ALKUSANAT

Työ on keskittynyt kertomaan VoIP-kommunikointitekniikasta.

Työn aluksi etsin tietoa kaikesta VoIP:n liittyvistä asioista, kunnes osasin rajata aiheeni tiedonsiirtoon ja äänen koodaukseen. Tietoa etsin lukuisista kirjoista ja huomasin, että eniten tietoa löytyy englanniksi painetuista teoksista. Internetistäkin tietoa oli saatavilla runsaasti, mutta ristiriitaista tietoa löytyi paljon. Tieto vaikutti luotettavammalta ulkomaisista lähteistä saatuna.

Kiitokset haluan osoittaa työni ohjaajalle Ari Rantalalle.

Tampereella 26.3.2012

---

Satu Partio

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	I
ALKUSANAT	IV
SISÄLLYSLUETTELO	V
LYHENTEET	V
1 JOHDANTO	2
2 VOIPIN KEHITYS	2
3 VOIP	3
3.1 VOIP:n yleisyys	3
3.2 Signaalin kulkeminen verkossa	3
3.3 Hinnoittelu	4
3.4 Soittaminen	4
4 LAITTEET	8
4.1 Tarvittava laitteisto	8
4.2 Tekniikka	9
4.3 Yhdysliikenne	10
4.4 Protokollat	12
4.5 Palomuurit	14
4.6 Puheen koodaus	15
5 OHJELMAT	18
6 VAHVUUDET	20
7 VOIP:N ONGELMAT	21
7.1 VOIP tekniset ongelmat	21
7.2 Ongelmat käytännössä	24
8 QUALITY OF SERVICE	26
9 TIETOTURVA	28
9.1 Salakuuntelu uhkana	28
9.2 Salaukset	29
9.3 VoIP-järjestelmän turvaaminen	30
10 VOIP OVER WLAN	31
11 MOBIILIVOIP	32
12 JOHTOPÄÄTÖKSET	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	36

## LYHENTEET

DNS	Domain Name Service. Internetin nimipalvelu.
H.323	ITU-T:n määrittelemä merkinantoyhteykskäytäntö.
IETF	Internet Engineering Task Force on Internet-protokollien standardoinnista vastaava organisaatio.
IP	Internet Protocol. Pakettivälitteisen tiedonsiirron yhteykskäytäntö
ITU	International Telecommunication Union. YK:n alainen telealan standardointijärjestö.
ISP	Internet Service Provider. Palveluntarjoaja.
RTP	Real-time Transport Protocol. Siirtoyhteykskäytäntö.
PCM	Pulse code modulation
QoS	Palvelun laatu
SIP	Session Initiation Protocol. IETF:n määrittelemä merkinantoyhteykskäytäntö.
SPIT	Roskapuhelu
STUN	Simple Traversal of User Datagram Protocol (UDP)
TCP	Transmission Control Protocol. Kuljetusyhteykskäytäntö.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Pakettivälitteisen tiedonsiirron yhteykskäytäntö.
UDP	User Datagram Protocol. IP:n päällä toimiva kuljetusyhteykskäytäntö.
VoIP	Voice over Internet protocol. Tiedonsiirtotekniikka puheen siirtämiseen
WLAN	Langaton verkko

# 1 JOHDANTO

VoIP eli Voice over Internet Protocol on kommunikointitekniikka, joka käyttää Internet-protokollaa perinteisen analogisen järjestelmän sijaan. VoIP:lla soitetaan puheluita tietokoneesta toiseen tietokoneeseen tai tavalliseen puhelimeen. Puheluun käytetään pääasiassa tietoliikenneyhteyksiä puhelinyhteyksien sijaan.

VoIP tarkoittaa IP-puhetta eli tekniikkaa, jonka avulla ääntä ja videokuva voidaan siirtää reaaliaikaisesti Internetin välityksellä. Puhe ja videokuva muutetaan digitaaliseen muotoon ja siirretään paketteina Internetin yli. Puheluita voi tekniikalla soittaa niin tavalliseen lankaverkkoon kuin kännyköihinkin, jolloin ne kulkevat erillisen yhdyskäytävän kautta.

Ääni kulkee paketteina, jolloin verkkoa käytetään tehokkaasti. Pakettina kulkeva ääni mahdollistaa paljon tehokkaamman verkon käytön, koska kaistaa käytetään vain silloin, kun jotain oikeasti siirretään verkossa. Puheen koodaaminen ja pakkaaminen tuo helpotusta sekä viive että kaistavaatimuksiin, mutta vaatii paljon prosessointia. Ennen Pentium aikakautta tähän ei ollut mahdollisuuksia ilman erillisiä DSP-prosessoreita./11/

## 2 VOIPIN KEHITYS

Läpimurto tapahtui, kun saatiin siirrettyä verkon välityksellä äänipuheluita, jotka ovat erittäin herkkiä viiveille ja muille verkon ongelmille. VoIP:n kehitys on suuri muutos telekommunikaatiossa. Kiinnostus äänen siirtoon Internetissä alkoi jo ensimmäisen tietokoneverkon olemassaolon aikoihin.

Vuonna 1973 teknologia oli valmiina siirtämään ääntä verkon yli. Tavalliset ihmiset pääsivät kokeilemaan tätä 80-luvun alkupuolella. Ensimmäinen ohjelma IP-puheluita varten julkaistiin vasta vuonna 1996 ja sillä pystyi soittamaan vain samaa palvelua käyttävälle. Vuonna 1997 alkoi ensimmäisen ohjelmallisen puhelinvaihteen kehitys. Ne suunniteltiin korvaamaan perinteiset puhelinvaihteet tarjoamalla yhteysportti puhelinverkkojen välillä. Myöhemmin VoIP palvelut ovat laajentuneet myös fakseihin, kännyköihin sekä langattomiin verkkoihin.

Vielä vuoden 2006 lopussa ei VoIP:a saatu toimimaan kunnolla WLAN:ssa, mutta uskottiin, että mobiili-VoIP tulee ajamaan kiinteän VoIP:n ohitse parissa vuodessa. Lontoossa tehdyn tutkimuksen mukaan ongelmaksi muodostui hotspotit, jotka tukkeutuivat usean yhtäaikaisten puhelun välittämisessä. VoIP:a tukevien kännyköiden yleistyessä katkeilevat ja häiriöiset VoIP yhteydet aiheuttaa käyttäjien turhautumista. Tätä ongelmaa ratkaistiin verkkoa virittämällä ja tukiasemia lisäämällä. Silloisen ennusteen mukaan VoIP:a tukevia puhelimia on vuonna 2011 jo 330 miljoonaa kappaletta./4/

IP-protokollan käyttö multimedian siirtoon on vielä uutta, ja teknologian voi sanoa olevan lapsenkengissä. Perusongelmana ovat äänen ja liikkuvan kuvan alhaiset viive- ja bittivirran huojuntavaatimukset. Ruuhkaisessa Internetissä lisäongelmia tuo vielä vaadittu suuri kaista.



## 3 VOIP

### 3.1 VOIP:n yleisyys

Suomessa VoIP:n käyttö ei ole yleistynyt yhtä vauhdilla, kuin muissa pohjoismaissa. Meillä edelleen arvostetaan perinteistä matkapuhelinta yhteydenpidossa, vaikka useat yritykset ovatkin suunnittelemassa VoIP ratkaisuja lähitulevaisuuteen. VoIP:a ei koeta vielä riittävän suureksi parannukseksi yritysten viestintäratkaisuihin.

VoIP:n liittyy termi vaeltavuus. Vaeltavuus eli siirtyvyys tarkoittaa, että käyttäjä voi liittyä Internetiin missä tahansa maailmassa ja rekisteröityä palveluun. Käyttäjän tunnistetiedot pysyvät samoina, kunhan hän soittaa ja vastaanottaa puheluita käyttämällä päätelaitteena esimerkiksi mukaan otettavaa pöytäpuhelinta tai kannettavaan tietokoneeseen asennettua VoIP-ohjelmistoa.

### 3.2 Signaalin kulkeminen verkossa

Soittajan äänisignaali pilkotaan IP-paketeiksi ja erilliset paketit kulkevat järjestyksessä IP-verkossa ja ne kasataan taas yhdeksi ääneksi vastaanottajan päässä. Verkko myös huolehtii yhteyksistä, jotka tulevat useilta sovelluksilta ja useilta käyttäjiltä yhtä aikaa.

Soittajan analoginen signaali muutetaan digitaalseksi koodekkien avulla, jonka jälkeen digitaalinen signaali muokataan diskreeteiksi Internet-protokolla paketeiksi. Sitten paketit siirretään Internetin tai muun IP-

pohjaisen verkon yli ja ne muunnetaan takaisin analogiseksi puhesignaalksi vastaanottajan päässä.

### **3.3 Hinnoittelu**

Käyttäjä maksaa palvelumaksun Internet-palvelustaan ja VoIP palvelustaan ja voi sitten käyttää Internetiä puheluiden soittamiseen vapaasti ja ilmaiseksi. Puheluita voi soittaa ilmaiseksi toisen tietokoneeseen, jossa on sama VoIP palvelu käytössä. Soittaminen lankapuhelimeen yleensä maksaa hieman.

VoIP puheluiden hinnat vaihtelevat palveluntarjoajan mukaan. Toiset eivät laskuta ollenkaan tilaajien välisiä puheluita. Jotkut laskuttavat kaukopuhelut oman puhelinverkon ulkopuolelle samaan tapaan, kuin perinteisissäkin puheluissa. Yksi hinnoittelutapa on minuuttitaksa puhelun kohteesta riippumatta.

Yleensä IP-puhelimesta toiseen soittaminen on ilmaista, kun Internet-yhteyden maksua ei huomioida. Lanka- ja matkapuhelinoperaattorit eivät luonnollisesti halua menettää asiakkaitaan IP-puhelinoperaattoreille, jopa yrittämällä estää IP-puhelut liittymistään. Internet-kuukausimaksuun voi myös kuulua puheluita IP-puhelimiin sekä lanka- ja matkapuhelimiin.

### **3.4 Soittaminen**

VoIP puhelun soittamiseen tarvitaan tietokoneelle VoIP-ohjelmisto sekä laajakaistainen Internet yhteys tai IP-puhelin. Ohjelmisto huolehtii puhelun reitityksestä eli varmistaa puhelun menemisen oikealle vastaanottajalle kuten myös tarjoaa koodekin.

Lisäksi tarvitaan tili VoIP operaattorilta, jotta eri käyttäjät voidaan erottaa. Palvelut vaihtelevat operaattoreiden kesken. Osa palveluntarjoajista tarjoaa vain PC-PC-välisiä puheluita ja jotkut tarjoavat mahdollisuutta soittaa sekä vastaanottaa puheluita myös lankapuhelimiin sekä kännyköihin. Erilaisia VoIP käyttökohteita on useita (kuva 1.) ja palvelut jaotellaan seuraavasti:

### Kiinteä VoIP

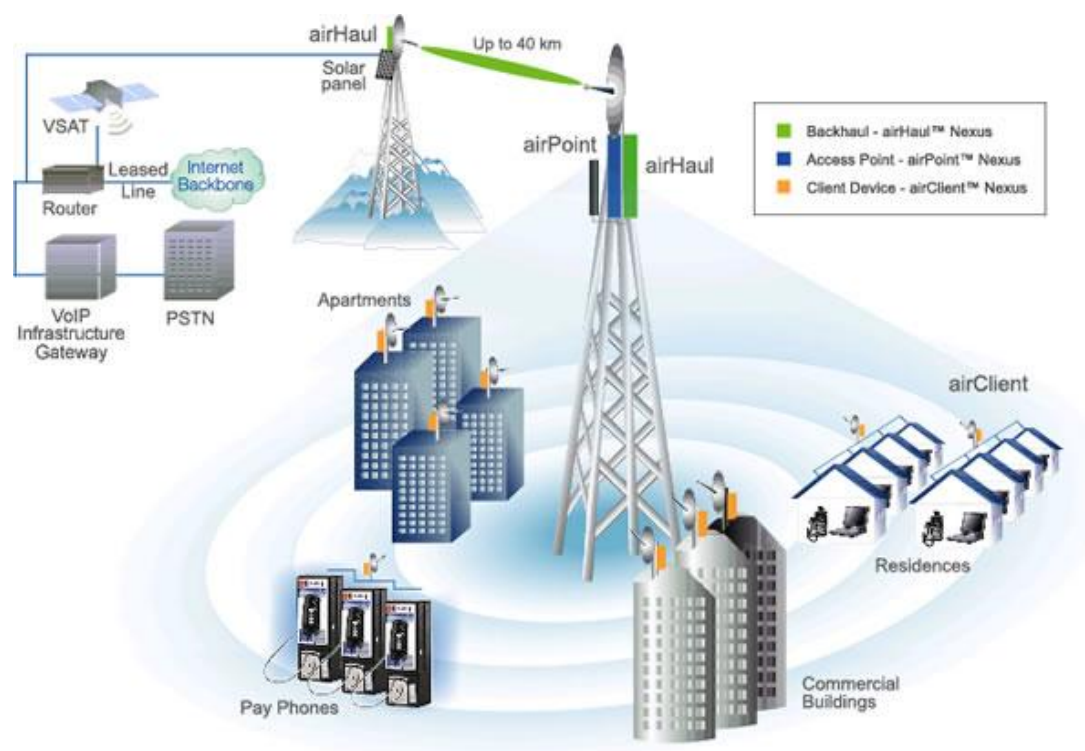
Palvelu toimii yhdessä paikassa, jolloin se on yleensä sidottu kiinteään laajakaistaliittymään.

### Vaeltava VoIP

Palvelua voi käyttää kaikkialla missä on kiinteä laajakaistainen Internet-liittymä.

### Mobiili-VoIP

Liikkuva yhteys, eli käyttäjä liikkuu palvelun käytön aikana, jolloin yhteys on langattoman Internetin varassa.



Kuva 1. Erilaiset VoIP yhteydet kaupunkiympäristössä. /9/ (ks. Liite 1)

Puhelu muodostuu seuraavasti:

1. Puhelu paikalliseen yhdyskäytävään. Puhelu voi tulla vaihteesta tai suoraan yleisestä puhelinverkosta ohivalinnan kautta tai välittäjän siirtämänä.
2. Yhdyskäytävä huomaa tulevan puhelun ja vastaa siihen mahdollisesti puheviestillä.
3. Soittaja antaa tunnisteen ja yhdyskäytävä toteaa onko soittajalla oikeus haluttuun yhteyteen (Access Control).
4. Soittajaa pyydetään antamaan B-tilaajan numero tai yhdyskäytävään ohjelmoitu lyhytvalintanumero.

Vastaanotettaessa puhelua VoIP-puhelin tai tavallinen puhelin kytkettynä VoIP-adapteriin soi kuten perinteinen puhelin. Jos VoIP on yhteydessä tietokoneen kautta, ilmoittaa ohjelmisto tulevasta puhelusta.

Puhelun muodostaminen voi tapahtua kolmella tavalla: point-to-point, hakemistopalvelun kautta tai käyttäen yhdyskäytävää. Ongelma kahden ensimmäisen kohdalla on IP-osoitteen ja tilaajan yhdistäminen. Kun yhteys kulkee palomuurin läpi, IP-osoite ei välttämättä näy muurin toiselle puolelle. Monilla yrityksillä on myös sisäisesti käytössä rekisteröimättömiä IP-osoitteita. Myös käytettäessä reititintä, voi IP-osoite jäädä näkymättä vastaanottajalle.

Sama tilanne on käytettäessä Internet-operaattoreiden tarjoamia käyttäjätunnuksettomia Internet-yhteyksiä. Operaattorin palvelin antaa aina uuden osoitteen luodessaan yhteyden. Jotkin hakemistopalveluohjelmat tallentavat automaattisesti muuttuneen IP-osoitteen tietokantaansa, mutta kirjautumiseen voi käyttää myös vastapuolen kanssa sovittua käyttäjätunnusta, jolloin IP-osoitteen vaihtumisella ei ole väliä.

Point-to-point-yhteyden aikaansaamiseksi on tiedettävä vastapuolen IP-osoite etukäteen. Tällöin pysyvä osoite on toimiva ratkaisu.

Palvelinohjelmisto, joka on liitetty yhdyskäytävään, osaa tehdä

muunnoksia IP-osoitteiden välillä ja tarvittaessa ohjata puhelun yleiseen puhelinverkkoon. Toisen tilaajan ei tarvitse välttämättä olla tietokoneensa ääressä ja verkossa sisällä kuten muissa yhteyden muodostustavoissa, kun soittaja tietää vastaanottajan tunnuksen, esimerkiksi tavallisen puhelinnumeron, jonka yhdyskäytävä tuntee.

## 4 LAITTEET

### 4.1 Tarvittava laitteisto

VoIP-puhelin kytketään suoraan laajakaistaiseen yhteyteen ja se toimii pitkälti samoin kuin perinteinen puhelin. IP-puheluun tarvitaan päätelaite ja laajakaistainen Internet-yhteys. Päätelaitteeksi käy tietokone varsinaisen IP-puhelimen lisäksi. Tavallisen lankapuhelimen voi myös kytkeä IP-sovittimeen, jolloin yhteys saadaan muodostettua. Tietokonetta tarvitaan vain verkkoyhteyden muodostamiseen, joten sen päällä olo ei ole välttämätöntä. Pelkkää tietokonetta käytettäessä on oltava erillinen kuuloke, mielellään kuuloke-mikrofoniyhdistelmä, jolloin keskustelu on helppoa.



Kuva 2. VoIP-puhelinmahdollisuudet /12/

## 4.2 Tekniikka

Puheensiirtoon tarvittava kapasiteetti on koodaustavasta ja äänenlaadusta riippuen noin 10 – 100 kbit/s. Tyypillinen likimain korkeinta GSM-laatua vastaava IP-puhelu vie kehystyksineen n. 30 kbit/s siirtokaistaa. IP-puheluun riittää periaatteessa hitainkin laajakaistaliittymä 256Mbps/s.

### 4.2.1 Reititys

Operaattoreiden IP-verkkojen yhteenliittäminen aiheuttaa ongelmia niiden hallinnalle, tietoturvalle ja palvelunlaadulle. Session Border Controller on operaattorien käyttämä laite, joka on yhdysporttina liikenteelle ulkomailmaan operaattorin verkon reunalla. Laitteet on suunniteltu juuri reaaliaikaisen äänen ja kuvan välittämiseen verkosta toiseen. Usein kaikki liikenne ohjataan SBC:n kautta, koska se helpottaa yhdysliikenteen, tietoturvan ja palvelunlaadun toteuttamista nykyisissä IP-verkoissa. Kun palvelunlaatureititys (DiffServ) saadaan toimimaan, onnistuu VoIP palvelunlaadun suhteen hyvin myös avoimessa Internetissä

### 4.2.2 IPv4 ja IPv6

Nykyisin on vielä käytössä suurimmaksi osaksi maailmaa IPv4 osoitteet. Ne ollaan pikkuhiljaa korvaamassa IPv6:lla osoitteiden enimmäismäärän tullessa täyteen. Nykyisin Kiinassa ja Japanissa uudet VoIP ja mobiilipalvelut kehitetäänkin suoraan IPv6:een. IPv6 helpottaa reititystä sen reititysotsakkeen (Routing Header) ansiosta. IPv6-protokollatoteutuksessa IPSEC-turvaprotokolla on pakollinen optio. Mikään ei kuitenkaan estä käyttämästä samaa tekniikkaa myös IPv4:n kanssa.

### 4.3 Yhdysliikenne

IP-puheluiden tehokkuuden yksi perusta on yhdysliikenne VoIP-järjestelmien välillä sekä VoIP:n ja yleisen puhelinverkon välillä. IP-yhdyskäytävät ovat toteutettu PC:n päälle. Paketin mukana tulee kortti, joka sisältää DSP-proessoreita ja pystyy kaksisuuntaisesti koodaamaan ja kompressoimaan puheen sopiviksi paketeiksi. Reititystä, puheluiden kontrollia, yhdyskäytävän monitorointia ja hallinnointia varten PC:ssä pyörii yhdyskäytäväpalvelinohjelmisto.

#### 4.3.1 Yhdysliikenne VoIP operaattoreiden välillä.

VoIP-peering tarkoittaa yhdysliikennettä, jossa VoIP-operaattorit liittävät järjestelmänsä yhteen vastavuoroisuusperiaatteella. Ne eivät laskuta toisiaan. Toistaiseksi VoIP-operaattoreiden välisiä peering-järjestelyjä sovitaan tapauskohtaisesti niin kuin osapuolet kulloinkin katsovat parhaaksi. Toisaalta maailmassa yritetään yhdistää mahdollisimman monia operaattoreita avoimen ja laajan verkon luomiseksi, mutta esimerkiksi Skype on suljettu verkko.

#### 4.3.2 Yhdysliikenne yleiseen puhelinverkkoon

Jotta puhelut Internetin välityksellä lankapuhelimiin toimisi sujuvasti, olisi yhdysliikenteen toimittava VoIP:n ja yleisen puhelinverkon välillä. Eli on IP-PSTN-yhdyskäytävä, jolla on yhteys puhelinverkkoon ja IP-verkkoon. IP-verkko voi olla lähiverkko, joka on kytketty Internetiin tai yksityiseen virtuaaliverkkoon (VPN) tai WAN:iin. Yhdyskäytävän tyypillinen käyttökohde voisi olla esimerkiksi yrityksen kahden maantieteellisesti



etäällä toisistaan olevan konttorin puheluiden yhdistäminen IP-verkon eli esimerkiksi Internetin kautta.

IP-PSTN – yhdyskäytäväpalvelussa soittaja muodostaa ensin Internetin kautta yhteyden omalta PC:ltään palveluntarjoajalle. Operaattorilla on yhdyskäytävä, joka muodostaa yhteyden yleisen puhelinverkon kautta tavalliseen puhelimeen ja koodaa ja dekodaa puhetta. Tämä palvelu on maksullinen soittajalle, koska operaattori välittää kaukopuhelut Internetin välityksellä ja myy uudelleen kaukopuheluyhteyden.

Tähän liittyy ENUM-tekniikka(Electronic numbering), jossa puhelinnumerot muunnetaan domain-nimiksi ja talletetaan Internetin nimipalveluun DNS:ään(Domain Name Service). MEGACO on standardi, joka mahdollistaa IP-verkon ja puhelinverkon välisten mediayhdyskäytävien ohjaamisen.

## **ENUM**

Electronic Numbering, IETF:n kehittämä tapa muuntaa E.164-tyyppinen puhelinnumero URI-muotoiseksi. Esimerkiksi numero "+358 9 1234567" talletetaan DNS:ään domain-nimenä "7.6.5.4.3.2.1.9.8.5.3.e164.arpa". Siihen voidaan liittää esimerkiksi sähköpostimainen SIP-osoite ("sIP:matti.virtanen@firma.fi"). Suomen ENUM-nimiavaruuden juuri on "8.5.3.e164.arpa" ja tämän alla olevien nimien hallintaan on olemassa ENUM-palvelin(Minoli, Minoli.2002:377)

## **Yhteyskäytännöt**

VoIP-yhteyskäytännöt koostuvat puhelun muodostukseen käytetyistä protokollista ja ääneen siirtoon käytetyistä puheprotokollista. Merkinanto tarkoittaa tapaa, jolla puhelu muodostetaan, hallitaan ja puretaan.

Osapuolilla täytyy olla osoitteet, joiden perusteella niihin voidaan pyytää yhteyttä. Puhelun muodostukseen on olemassa kaksi erilaista standardia: H.323 ja SIP.

## 4.4 Protokollat

Puheluiden muodostamisen pohjana käytetään useita eri protokollia. ITU sekä IETF ovat kehittäneet omat standardinsa äänen ja videon siirtoon Internetissä. ITU:n H.323-standardia alettiin kehittää 1990-luvun puolessa välissä ISDN:n ja puhelinverkon kuvapuhelinjärjestelmien (H.320, H.323) pohjalta. Nykyisin käytetään enemmän IETF:n standardoimaa SIP-protokollaa. SIP:n eduksi sen käyttämät tekniset ratkaisut ovat http:n kaltaisia toisin kuin H.323:n kanssa käytetään osoitteina URLeja.

### IP

IP on paketteja kuljettava verkkokerroksen protokolla. Se pilkkoo paketit osioiksi eli fragmentoi ne ja reitittää liikenteen IP-osoitteen perusteella. Lisäksi IP-protokolla määrittää peruspaketin koon kyseiseen verkkoon. Protokollan yhteydettömyyden ansiosta paketit voivat periaatteessa kulkea mitä reittiä tahansa, ja mahdolliset vastauspaketitkin voivat käyttää eri reittiä kuin lähetetyt.

### RTP

RTP on IETF:n määrittelemä protokolla reaaliaikaisen äänen ja kuvan siirtoon pakettiverkossa. RTP toimii OSI-mallin sovelluskerroksessa, jossa se toimii UDP-protokollan päällä. Muitakin protokollia, kuten. CNLP tai IPX voidaan käyttää. RTP huolehtii hyötykuorman tyypin tunnistuksesta, pakettien järjestysnumeroinnista ja varustaa ne aikatiedolla sekä monitoroi kuljetuksen. RTP ei pysty varaamaan resursseja käyttöönsä eikä pysty takaamaan palvelun toimivuutta tai laatua. Protokollan periaatteena on datan kehyksiin pilkkominen ja integroitu protokollapinon tasojen prosessointi sovellustasolla.(Davidson, Peters. 2002:181)

### RTCP

RTP:tä käytetään yhdessä RTCP:n eli real-time Transport control protokollan kanssa.

RTCP toimii lähettämällä kaikille istunnon osanottajille jaksoittain kontrollipaketteja käyttäen datapakettien jakelumekanismia. RTCP:n tehtävänä on isojen ryhmien reaaliaikaisten konferenssien mahdollistaminen Internetissä lähteen tunnistuksella, gatewayden tukemisella ja multicast-unicast kääntäjillä.

### **H.323**

H.323 on SIP:n edeltäjä. Sitä käytetään puheen ja multimedian siirtämiseen IP-verkoissa. Nykyisin useimmissa VoIP laitteissa käytetään SIP:a H.323-protokollan sijaan.

### **SIP**

(Session Initiation Protocol) on tekstipohjainen tietoliikenneprotokolla, joka hoitaa IP-puheluiden aloituksen. Se tukee yksi- ja monilähetysistuntoja. Tavallisten puheluiden lisäksi sillä hoidetaan kuvapuhelut, videoyhteydet sekä muut yhteydet median välittämistä varten. SIP hoitaa myös yhteyden muuntamisen sekä lopetuksen. SIP on korvaamassa vanhemman videoneuvotteluun käytetyn H.323-protokollan.

SIP-standardia on laajennettu SIMPLE-protokollilla, joilla onnistuu myös saatavuuspalvelun ja pikaviestien kuten tekstiviestien toteuttaminen. Yhteyksien kuvausten välittämiseen (portit, koodekit) käytetään erillistä SDP-protokollaa. SIP tukee IP mobiliteettiä VoIP WLAN sovelluksille tarjoamalla handoff-ominaisuuksia sovelluskerroksessa.

Sekä H.323 että SIP tarjoavat suunnilleen saman toiminnallisuuden puhelunmuodostusta varten, niillä pystytään soittamaan ääni- ja kuvapuheluita ja liittämään puhelu osaksi muuta audiovisuaalista esitystä tai neuvottelua. (Davidson, Petters 2002:254). Vaikka puhelunmuodostuksen yksityiskohdat vaihtelevatkin, molemmat järjestelmät käyttävät varsinaiseen äänen ja kuvan siirtoon samaa protokollaa.

### **SDP**

SDP on protokolla, jota käytetään kuvaamaan ja välittämään multimedia-istuntoihin liittyviä tiedotteita, kehotuksia ja yhteyden luontiin liittyviä tietoja.

### **UDP**

UDP on kuljetuskerroksessa toimiva tietoliikenneprotokolla. Se palvelee tietokoneiden välistä kommunikaatiota vähäisellä protokolla mekanismilla. IP:n päällä toimiva UDP käyttää portteja. Käytännössä jokaisella ohjelmalla on oma käyttöjärjestelmän antama porttinsa. UDP ei myöskään takaa tiedonsiirron perillemenoa vaan UDP:tä käyttävä palvelin vain lähettää paketteja verkon tilanteesta huolimatta. Tämän vuoksi osa paketeista voi jäädä saapumatta perille ja toiset voivat tulla kaksi kertaa. UDP ei korjaa virheitä tai lähetä kuittauksia, joten sitä käytetään sovelluksissa, jotka hoitavat nämä asiat itse.

## **4.5 Palomuurit**

Yksi ongelma VoIP:n käytössä on palomuurit. NAT on yksinkertainen ja toimiva palomuuuri, jota käytetään yleisesti organisaation sisäisen verkon ja Internetin välillä. NAT:tä käyttävät myös operaattorit ja se yleistyy myös kodeissa. NAT mahdollistaa yhden Internetistä reitittyvän IP-osoitteen jakamisen usean päätelaitteen ja käyttäjän kesken. Yleisin versio NATista on ns. "Full Cone".

On olemassa myös useita muita ohjelmallisia sekä laitepohjaisia palomuuureja. Laitepalomuuuri tarkkailee verkkoliikennettä sen IP-osoitteiden ja porttinumeroiden perusteella.

Palomuuuri estää liikennettä pakettisuodatuksella sekä dynaamisella pakettivälityksellä. Pakettisuodatus tarkoittaa liikenteen karsintaa IP-

pakettien ja sanomien porttinumeroiden perusteella. Liikennettä rajoitetaan määräämällä yhteyksille sallitut ja kielletyt osoitteet sekä porttinumerot. Dynaaminen pakettivälitys tarkkailee lisäksi pakettien tila- ja reititystietoja.

VoIP:n käyttäminen vaatii, että sen käyttämät UDP-portit on päästettävä palomuurin läpi. Palomuurin ulkopuolella sijaitsevan STUN-palvelimen (Simple Traversal of User Datagram Protocol (UDP) Through Network Address Translator (NAT) avulla palomuurin sisäpuolinen laite voi selvittää, millainen NAT sen ja ulkomaailman välillä toimii. Nykyaikaiset VoIP-puhelimet ja -ohjelmistot osaavat käyttää STUN-palvelinta mutta sitä ei yleensä välttämättä edes tarvita vaan palomuurin läpäisy on järjestettävissä muutenkin.

## 4.6 Puheen koodaus

Perinteisessä digitaalisessa puhelinverkossa käytetään PCM-koodausta, jossa puheesta otetaan 8 bitin näytteitä 8 kHz taajuudella. Näin muunnetaan 4 kHz puhekaista 64 kbit/s digitaalseksi tietovuoksi. Ihminen ei juuri huomaa puheen tiivistyksen aiheuttamia muutoksia äänessä. VoIP:ssa käytetään koodausmenetelmiä, joilla on hyvät siirto- ja prosessointikapasiteetit, pienet viiveet, herkäät algoritmit kadonneiden pakettien suhteen eikä ollenkaan lisenssimaksuja. Uusia tehokkaampia menetelmiäkin on tarjolla, mutta niiden lisenssimaksut eivät juuri innosta kuluttajia.

ITU-T on ITU:n alaosasto, joka on määritellyt suosituksia telekommunikaatioalalle äänen koodaukseen. Tällainen suositus eli koodekki voi olla tietokoneohjelma tai algoritmi, joka pakkaa ja purkaa kuva- tai äänisignaalia. Niitä käytetään kuvan ja äänen siirrossa ja tallennuksessa. Koodekki ensin koodaa tai pakkaa signaalin, jolloin siirto

tai tallennuskapasiteettia tarvitaan vähemmän. Lopuksi koodekki purkaa koodauksen, jolloin signaali palautetaan alkuperäiseen muotoonsa tai riittävän lähelle sitä. Koodekki voi toimia analogisesti tai digitaalisesti. Erilaisia puhe-, ääni- ja videokoodekkeja on useita eri sovelluksille.

Esimerkkinä tavallisen puhelimen ääni vie pakkaamattomana 64 kilobittia sekunnissa; 3G-matkapuhelinverkon koodekki käyttää alle 5 kilobittia sekunnissa ja puheesta saa vielä selvän. Vastaavasti CD-levylle tallennettu musiikki vie noin 1400 kilobittia sekunnissa; MP3-koodekilla lähes alkuperäiseltä kuulostava musiikki vie 128 kb/s.

Koodekit jaetaan kolmeen ryhmään: aaltomuotokoodekit, mallinnuskoodekit ja hybridikoodekit. Aaltomuotokoodekit tallentavat äänilähteen ja pyrkivät mallintamaan puhetta erittäin tarkasti välittämättä sen sisällöstä. Mallinnuskoodekit mallintavat äänilähteen ja parametrien avulla pakkaavat sen tallentamatta alkuperäistä. Puhe ei kuulosta täysin luonnolliselta, mutta tiedonsiirtokaistaakin säästyy paljon verrattuna aaltomuotokoodekkeihin. Hybridikoodekit ovat mallinnuksen ja aaltomuotokoodauksen yhdistelmiä. Ne pyrkivät säilyttämään alkuperäisen signaalin ymmärtämiselle tärkeät osat (esimerkiksi formantit) muuttumattomina mutta syntetisoimaan loput.

### **IP-puheeseen liittyvät käytössä olevat standardit:**

PCM (Pulse code modulation) käytetään digitaalisessa puhelinverkossa puheen välittämiseen.

- |       |   |
|-------|---|
| G.711 | käyttää bittinopeutta 64kb/s tai 56kb/s. Käytännössä G.711 määrittelee kaksi logaritmista koodausta digitaalisille signaaleille: A-laki ja $\mu$ -laki. Lakien ero on standardin MIME-tyypissä (tiedostomuoto). |
| G.726 | eli ADPCM sovittaa dynaamisesti koodauksen käyttämän arvoalueen sopivaksi   |

- G.728 määrittelee puheen koodauksen 16 kbit/s nopeuteen käyttäen matala viiveistä koodiherätteistä lineaari prediktiota (CELP).
- G.723.1 on tarkoitettu alun perin PSTN videopuheluihin, mutta on käytössä myös IP-puhelimissa. Koodauksen nopeus on 5.5/6.3 kbit/s.
- G.729 puheenkoodaus 8 kbit/s lankaverkon äänenlaadulla. Tämäkin kooderi on CELP-tyyppinen, tarkemmin CS-ACELP algoritmilla toteutettu. GSM:n täyden nopeuden kanavassa on sama ACELP koodekki.

/6/

Koodauksen avulla voidaan lyhentää viivettä ja alentaa bittinopeutta, joka puolestaan vähentää bittivirheitä. Tarkoituksena on myös saada mahdollisimman luonnollisen kuuloinen ääni kulkemaan vastaanottajalle asti. (Davidson, Peters. 2002:173)

## 5 OHJELMAT

Ensimmäisenä kaupallisia sovelluksia VoIP:lle tuli PC:lle. Nykyään myös Unix ja MAC-työasemaan saa VoIP sovelluksen. IP-puhemarkkinoiden ohjelmistojen kehityksen on aloittanut israelilainen VocalTec. Internet Phone – ohjelma esiteltiin vuonna 1995 ja muita IP-ohjelmia alkoi pian tulla markkinoille. Ohjelmien suurin ongelma oli ja on suuri viive puheessa, huono äänenlaatu ja rajoitetut soittomahdollisuudet. Aiemmin myöskään eri valmistajien ohjelmat eivät toimineet yhdessä ja soittaminen onnistui vain toiseen auki olevaan Internetiin kytkettyyn tietokoneeseen./1/

Ohjelma voidaan asentaa useisiin erilaisiin laitteisiin mukaan lukien perinteiset puhelimet, PC:t ja langattomat laitteet kuten kämmenmikrot. Perinteiseen puhelimeen asennettaessa käytetään erillistä adapteria, joka kytketään puhelimeen.

Osa VoIP ohjelmista toimii myös uudemmissa matkapuhelimissa, esimerkiksi Symbian S60 käyttöjärjestelmää tukevilla puhelinmalleilla. Ohjelmia on saatavana sekä maksullisena että ilmaisversioina. Matkapuhelinkäytössä on muistettava mahdolliset datasiirtomaksut sekä ohjelmien käyttö ulkomaisissa verkoissa (ns. roaming).

### Skype

Skype on Skype Limited -yrityksen tekemä ilmainen sovellus Internetin verkkopuheluihin. Skypen käyttäjät pystyvät ohjelman avulla keskustelemaan keskenään Internetin kautta maksutta ja soittaa lankapuhelimiin pientä maksua vastaan. Ohjelman periaatteena on kahden ihmisen välinen keskustelu, mutta myös jopa yhdeksän ihmisen neuvottelupuhelut ovat mahdollisia.



Sovellus tarjoaa myös muiden käyttäjien hakupalvelun. Lisäksi käyttäjät pystyvät lähettämään toisilleen pikaviestejä ja tiedostoja. Uusimmassa versiossa on tullut mukaan myös videopuhelut.(vaatii Windows XP:n tai Vistan). Skype on saavuttanut suuren suosion toimivuutensa ja helppokäyttöisyytensä ansiosta. Ohjelma toimii hyvin myös palomuurien kanssa ja erilaisissa verkoissa. Skypellä on mahdollista soittaa ja vastaanottaa puheluita myös lanka- ja matkapuhelinverkkoon.

Skype-puhelujen tietoliikenne kulkee salattuna, joten kolmansien osapuolien ei ole helppo salakuunnella puheluja. Ohjelma käyttää välitysalustanaan P2P-teknologiaa, joten se kuluttaa vähän kaistaa ja äänenlaatu on erittäin hyvä. P2P-teknologia eli Peer to Peer tarkoittaa, että kaikki järjestelmän tietokoneet osallistuvat dynaamisesti datan reitittämiseen, prosessoimiseen ja kaistan käyttöön. Menetelmä nopeuttaa huomattavasti tiedonsiirtoa palvelin-asiakas-yhteyteen verrattuna. Jokainen kone on osa kokonaisuutta, eli prosessointinopeus sekä kaistan määrä lisääntyy verkossa olevien koneiden mukaan. /8/

## 6 VAHVUUDET

IP-puhelut ovat hinnaltaan huomattavasti edullisempia, kuin mikään kilpailijansa, mikä onkin sen suurin etu. Puheluita voi soittaa helposti ja edullisesti ympäri maailmaa tietokoneesta tietokoneeseen tai puhelinoperaattorin välityksellä lankaverkkoonkin. Käyttäjä maksaa normaalin operaattorikohtaisen kuukausimaksun laajakaistaliittymästään ja tarvittaessa lisäksi verkosta riippuen minuuttihinnan puheluista .

VoIP:lla voi säästää puhelukustannuksissa ja se tarjoaa useita yksilöllisiä palveluita, siksi se on suosittu yritysten keskuudessa. Suomessa saa jo nykyisin kiinteään Internet-liittymään VoIP-lankapuhelimia. IP-puhelinsovellukset tarjoavat laajempia palveluita kuin perinteinen puhelinverkko.

IP-verkko ei aseta samanlaisia rajoituksia äänen laadulle kuin puhelinverkko. Videopuhelut eivät välttämättä maksa IP-verkossa sen enempää kuin äänipuhelutkaan toisin kuin matkapuhelimella soitettuna. Tulevaisuudessa entistä paremmalla tekniikalla voidaan enemmän hyödyntää IP-verkkoa mm. videokonferensseissa, joiden osallistujat voivat olla ympäri maailmaa. VoIP mahdollistaa myös reaaliaikaisen viestinnän, henkilöhaun ja tiedostojen siirron.

## 7 VOIP:N ONGELMAT

### 7.1 VoIP:n tekniset ongelmat

VoIP:n liittyy samat ongelmat kuin muuhunkin tietoliikenteeseen. VoIP tarvitsee riittävästi kapasiteettia, eikä se saa toimia kuitenkaan muiden sovellusten kustannuksella verkossa. Tietoturvaohjelmat sekä haittaohjelmat ja muu verkon kiusanteko ovat myös VoIP:n ongelmia. Koska tekniikka on uutta, eivät kaikki laitteetkaan toimi niin kuin pitäisi. Esimerkiksi kaikki palveluntarjoajat eivät tue yhteyksiä vanhoihin puhelimiin, jolloin voi käyttää erityistä pulssimuunninta, jolla yhteys saadaan toimimaan.

#### **Ruuhkautuminen**

Suurimmaksi ongelmaksi VoIP-puheluissa voi muodostua Internet-liittymä, joka voi ruuhkautumisellaan estää puhelut. Runkoverkkojen ollessa kunnossa, pakettihukka ja viiveen vaihtelu niissä on yleensä merkityksetöntä. Muiden verkkosovellusten käyttö samaan aikaan voi huonontaa laatua selvästi. Puhelut voi helposti priorisoida omassa käytössä olevassa Internet-liittymässä, joka helpottaa ruuhkautumista. Runkoverkossa siihen tarvittaisiin palvelunlaadun (QoS) takaava järjestelmä.

IP-puhelut voivat olla ongelmallisia myös verkon kannalta. IP-puhelut yrittävät jatkuvasti käyttää samanverran kaistaa, kun normaalisti Internetiä käyttävät protokollat vähentävät kaistankäyttöään verkon ruuhkautuessa. Jos IP-puheluiden osuus kokonaisliikenteestä kasvaa, ne voivat haitata suhteettomasti muuta liikennettä.

### **Haikkaohjelmat ja uhat**

Tulevaisuudessa IP-puheluiden määrä kasvaa paljon, jolloin myös ongelmat lisääntyvät. Haitakkeita levitetään enemmän, palvelunestohyökkäykset lisääntyvät kuten myös sekä VoIP:n roskaposti eli roskapuhelut. Tätä kutsutaan nimellä SPIT (Spam Over Internet Telephony). Vaikka SPIT:iä pyritään jo nyt torjumaan, se voi tehdä IP-puheesta hyvinkin roskapostin kaltaisen haittaviestinnän välineen.

### **Viiveet**

Kaikkia viiveitä ei pystytä hallitsemaan, mutta osa niistä voidaan minimoida. Yleisin syy pakettien häviämiseen matkalla on ruuhkautuminen, mutta sitä voidaan yleensä hallita tai se voidaan jopa välttää kokonaan. Suurin ongelma IP-puheluiden kannalta on Internet-verkon ruuhkautuminen. Jos IP-puheluliikenne kulkee priorisoimattomana muun Internet-liikenteen mukana, puheluun kuuluvat paketit saattavat hävitä ruuhkatilanteissa, jolloin äänen laatu heikkenee ja ääni alkaa lopulta pätkiä.

Hankala asia on myös viive ja sen vaihtelu. Yhdensuuntainen viive Internetissä vaihtelee, mannertenvälisillä yhteyksillä se voi olla 80–100 millisekunnin välillä. Puheyhteyksillä alle 100 millisekunnin viive on yleensä huomaamaton, mutta viiveen kasvaessa yli 400 millisekunnin, normaali keskustelu käy vaikeaksi. Vertailun vuoksi tavallisessa puhelinverkossa maan sisäisten puheluiden viive on 10–20 millisekuntia, matkapuhelinverkossa viive on yleensä 180 millisekunnin luokkaa.

Vaihtelua viiveessä kutsutaan jitteriksi. Jitterin vaikutuksia voidaan vähentää varastoimalla äänipaketteja puskuriin niiden saapuessa ja ennen audion tuottamista, tosin tämä lisää viivettä. Suurin VoIP:n ongelma on, että se vaatii hyvän laajakaistaisen Internetin tai äänen laatu heikkenee.

### **Luotettavuus**

Kun IP-paketit häviävät tai viivästyvät missä tahansa verkossa VoIP-käyttäjien välillä, tulee hetkellinen äänen häviäminen. Tämä on huomattavampaa ruuhkaisessa verkossa ja/ tai pitkän välimatkan yhteydessä. Teknologian myötä luotettavuus ja äänen laatu on parantunut. Yksi mahdollisuus olisi käyttää eri reittejä pakettien kuljettamiseen, jolloin satunnaiset virheet vaikuttaisivat vähemmän kommunikoinnin laatuun. Toinen ehdotus on käyttää erityisiä koodeja, jotta siirrettäisiin ylimääräistä redundanssia paketeissa luotettavuuden parantamiseksi.

### **Roskapuhelut**

VoIP:n liittyvä SPIT (Spam Over Internet Telephony) eli roskapuhelut on kasvava ongelma. Roskapuhelu tarkoittaa vastaanottajan kannalta ei-toivottua puhelua, joka usein on markkinointia. Roskapuheluita esiintyy jo perinteisessä puhelinverkossa ja VoIP antaa mahdollisuuden soittaa miljoonia roskapuheluita päivässä yhdestä tietokoneesta ja ilman puhelukohtaista veloitusta. Pahimmillaan roskapuhelut tulevat olemaan VoIP:ssa samanlainen ongelma kuin roskaposti on nykyisin sähköpostipalvelussa.

Internetistä saa nyt jo listoja VoIP-puheluiden käyttäjistä, jolloin niitä käytetään nk. ”postituslistoina” soitettaessa roskapuheluita. Tietokone soittaa itse puhelimiin ja tietokoneisiin ja voi helposti ruuhkauttaa kaistan. Vastaanottaja kuulee mainoksen, jossa houkutellaan ostamaan jotain. Tähän voidaan ehkä liittää myös vastauksen tunnistaminen ja tallentaminen ja tulkitseminen tilaukseksi. Ongelmaan ei ratkaisuja ole vielä ainakaan kehitetty, mutta sovelluksilla on mahdollista estää vastaanottamasta ei-haluttuja puheluita.

## 7.2 Ongelmat käytännössä

Kun paketteja lähetetään diskreetteinä tiloina IP-verkossa, on sille määritelty viive eli aika, joka signaalilta kestää kulkea vastaanottajalle. Viivettä syntyy linkeistä sekä reitittimistä matkan varrella. Vastaanottajalla on tiedossa tämä viive, jotta se voi vastaanottaa näytteistetyt signaalit oikein. Kun tämä tunnettu viive vaihtelee, sitä kutsutaan jitteriksi eli huojunnaksi. Tiedonsiirrossa se tarkoittaa tilannetta, jossa siirrettäessä jonoa lukuarvoja paikasta toiseen, luetaankin jonoa (hetkellisesti) väärästä kohtaa.

Viiveen vaihtelua aiheutuu siksi, että liikennemäärän vaihtelut verkossa aiheuttavat vaihtelevan kuorman verkon laitteisiin, eivätkä ne täten pysty käsittelemään kaikkia paketteja täsmälleen samassa ajassa. Myös eri reittejä kulkevilla paketeilla on erilaiset viiveet.

Esimerkiksi taajuus on keskimäärin vakio, mutta pulssien ajallinen etäisyys on toisiinsa nähden vaihteleva. Se voidaan selvittää esimerkiksi ping-komennon avulla vertailemalla signaalin kulkuaikoja (round trip time). Se voidaan myös havaita perättäisten pulssien taajuudessa tai peräkkäisten syklien vaiheissa. Jitter on merkittävä tekijä lähes kaikkien kommunikaatiolinkkien suunnittelussa.

IP-puhelinlaitteet ja -palvelimet pystyvät ongelmitta puskuroimaan enintään noin 30 millisekunnin viivevaihteluja. Round trip time, eli paketin reitittämiseen käytetty aika, on osa viivettä, jolla on tärkeä rooli Internet-puheluissa. Suositus laadukkaan puhelun viiveen ylärajaksi on 150 ms yhteen suuntaan. Tämä vastaa ping-komennolla saatua arvoa 300 ms, joten tästä on nopeasti arvioitavissa IP-puheen laatu viiveen osalta.

Jitterin voi aiheuttaa monikin tekijä ja se jaetaan satunnaiseen ja ennustettavaan. Ennustettavaan jitteriin voidaan periaatteessa reagoida,

koska se esiintyy signaalissa aina samassa kohdassa. Sen ei pitäisi olla ongelma, mutta siihen ei aina kiinnitetä huomiota, eikä sille tehdä mitään. Satunnainen jitter muistuttaa bittivirheitä. Jotkin laitteet voivat toki aiheuttaa enemmän jitteriä kuin toiset, mutta jälleen seurauksena on todennäköisesti satunnaisesti vaihteleva ääni.

Jitteriä voidaan välttää esimerkiksi kontrolloimalla viivettä aina puhepurskeen alussa ja arvioimalla keskimääräistä päästä päähän viivettä ja sen huojuntaa.

## 8 QUALITY OF SERVICE

QoS on IP-verkon palvelun laadun tarkkailua. Verkon pitäisi pystyä jakamaan resursseja sovelluksille tasapuolisesti, jolloin tarvitsee priorisoida verkon käyttäjät. Laadun tarkkailu voidaan jakaa kahteen ryhmään

VoIP:n laatua määritellään verkon laadun määritelmien mukaan. Tarkat ohjeet ovat määritelty ITU-T E.800 dokumentissa. Pääpiirteittäin laatuun vaikuttavat palvelun tuki, käytettävyys, saatavuus, ylläpidettävyys, eheys ja tietoturva. Tarkemmat määritykset ovat QoS-parametrit. Niitä ovat verkon kannalta seuraavat:

1. Ruuhka. Verkon pullonkaulakohdat eivät saa merkittävästi vaikuttaa käytettävän sovelluksen toimintaan.
2. Palvelun saatavuus. Yhteys on oltava luotettava kaikkialla verkossa.
3. Viive. Paketin kulkuaika verkon läpi.
4. Viiveen vaihtelu. Samaa reittiä kulkevien pakettien kulkuaikaviiveen vaihtelu.
5. Tiedonsiirron läpäisyprosentti. Kuinka moni paketti kulkee verkon läpi.
6. Pakettien häviäminen. Kuinka moni paketti häviää tai muuttuu merkittävästi matkalla.

Myös puheen siirtoon verkossa on omat QoS-parametrit:

1. Subjektiivinen puheen laatu
2. Puhujan tunnistus
3. Puheen laatu
4. Keskustelun helppous
5. Kaiun poisto
6. Palvelun keskeytys

(Minoli&Minoli.2002:294)



WLANin kautta VoIPia käytettäessä palvelu ei saa katketa tukiaseman vaihdosten yhteydessä. Useita protokollia on määritetty tukemaan VoIP puheluiden raportointia. Nämä protokollat kuljettavat puhelun aikana IP puhelimen tai portin generoimaa tietoa pakettien häviämisestä, hylkäämisestä, purskeiden ja kehysten pituudesta, viiveistä ja häiriöistä. Näiden avulla saadaan reaaliaikaista palautetta liittyen QoS ongelmiin ja voidaan parantaa puheluiden laatua.(Prasad &Prasad. 2005:149)

ITU:n P.800 -suosituksessa määritelty MOS ("Mean Opinion Score") mittaa käyttäjän kokemaa (subjektiivista) puhelun laatua skaalalla: 1 ("huono") – 5 ("erinomainen"). Äänenlaatua mitataan myös muilla mittareilla, joista eräitä yleisimmin käytettyjä ovat MOS:n ohella ITU:n P.861 "Perceptual Speech Quality Measurement" (PSQM) sekä tämän korvaava myöhempi P.862 "Perceptual Evaluation of Speech Quality" (PESQ). British Telecom on kehittänyt oman menetelmänsä nimeltä "Perceptual Analysis/Measurement System (PAMS)./7/

## 9 TIETOTURVA

### 9.1 Salakuuntelu uhkana

Kaikki kuluttajien VoIP ratkaisut eivät tue vielä salauksia, joten on suhteellisen helppo salakuunnella VoIP puheluita. Hyökkääjä, jolla on pakettien tunnistin, voisi siepata VoIP puhelun. Puhelua voidaan suojata luomalla siihen jatkuva varattu signaali ja pakotettu yhteyksien hylkääminen.

Puhelinjärjestelmän tietoturvalle asetetaan perinteisesti seuraavia vaatimuksia:

- Korkea käytettävyys
- Signaaloinnin eheys ja luottamuksellisuus
- Puhelun eheys ja luottamuksellisuus

VoIP:n turvallisuutta voidaan jäsennellä eri tavoilla, usein käytetään näiden jäsentelyjen yhdistelmää:

- Eheys-Luottamuksellisuus-Käytettävyys
- Palvelunlaatu QoS käytettävyyden osana
- Merkinanto ja puhelut voidaan tarkastella erikseen
- Virukset, kräkkerit yms. käsitellään usein erikseen

VoIP perustuu tavanomaisiin palvelimiin jotka ovat alttiita hyökkäyksille (virukset, kräkkerit, DDoS jne.). Web-palvelimille tehtävät hyökkäykset ovat jo tuttuja, mutta VoIP-palvelimet alkavat olla yhä enemmän hyökkäysten kohteina. Ainakin kerran verkkomadot ovat kaataneet VoIP-palvelimia ja pysäyttäneet puhelinpalvelut organisaatiossa. Hyökkäysten lisääntyessä, myös suojautuminen paranee.

VoIP-järjestelmien osana ovat usein tavalliset työasemat, jotka ovat alttiina tietoturvauhille. Myös VoIP-puhelimissa on sulautetut käyttöjärjestelmät, jotka ovat alttiita hyökkäyksille. Perinteisissä puhelinjärjestelmissä merkinanto kulkee eri kanavissa kuin puhe – VoIP:ssä kaikki kulkee IP-verkossa. Tämä tekee VoIP:n signaloinnista herkemmin haavoittuvan kuin perinteisen puhelinverkon signalointi.

## 9.2 Salaukset

IPSEC eli Internet Protocol Security Architecture on Internetin geneerinen turvaprotokolla, joka toteuttaa eheyden ja luottamuksellisuuden sovelluksesta riippumatta IP-tasolla. Se määrittelee kahdenlaisia tietoliikenneprotokollia: protokollat pakettivirtojen turvaamiseen ja avaintenvaihtoprotokolla turvattujen pakettivirtojen muodostamiseen. Pakettivirtojen turvaamisessa voidaan käyttää joko protokollaa ESP (Encapsulating Security Payload) tai harvinaisempi AH (Authenticating Headers). Avaintenvaihtoprotokollana käytetään protokollaa nimeltään IKE (Internet Key Exchange), joka koostuu protokollien ISAKMP, Oakley ja SKEME yhdistelmästä.

Lisäksi tarvitaan toimiva avaintenhallinta sekä julkisen avaimen infrastruktuuri (PKI). julkisen avaimen järjestelmällä tarkoitetaan järjestelyä, jolla epäsymmetristä salausta eli julkisen avaimen menetelmää käyttäen tieto suojataan avoimissa tietoverkoissa.

Järjestelmä luo avainparit sekä ylläpitää avainhakemistoja sekä sulkulistoja. Avainparit varmennetaan digitaalisella allekirjoituksella. Tähän liittyy termi Varmenne (engl. Certificate) on Internetissä käytössä oleva henkilöllisyystodistus. Varmentaja (engl. Certificate Authority, CA) on taho, joka myöntää varmenteita. Varmentaja huolehtii, että varmenteen

hakija on todella kuka väittää olevansa sekä siitä, ettei kuka tahansa saa mitä tahansa varmenteita.

Digitaalinen allekirjoitus tai sähköinen allekirjoitus on PKI-allekirjoitus, jossa tietyn viestin sisältö allekirjoitetaan. Allekirjoitus voidaan yhdistää tiettyyn varmenteeseen niin kauan, kuin sitä tai viestiä ei ole kopeloitu. Tietysti myös allekirjoittajan varmenteen myöntäjän täytyy olla luotettu. IPSEC mahdollistaa päästä-päähän salauksen myös mobiililaitteisiin. (Prasad, Prasad. 2005:118-127)

### **9.3 VoIP-järjestelmän turvaaminen**

VoIP on vain yksi IP-verkkojen monista sovelluksista, joten se voidaan turvata samoin kuin muut sovellukset. Turvaamisen lähtökohtana on sijoittaa VoIP-palvelimet eri lähiverkkoihin, jolloin niiden hallinta-alueet ovat erillään. Palvelimiin ei saa olla pääsyä kuin ylläpitäjillä, myös verkkoon pääsevät koneet määritellään. Käyttäjät pitää voida todentaa ja tietoliikenne salata.

## 10 VOIP OVER WLAN

VoIPia voi yhtä hyvin käyttää langattomassa kuin langallisessakin verkossa. Langattomuus antaa liikkumismahdollisuuden, jolloin esimerkiksi yrityksessä olevan lähiverkon avulla saadaan sisäiset puhelut käytännössä ilmaisiksi. Tätä voidaan hyödyntää myös suurissa laitoksissa, esimerkiksi sairaaloissa, joissa on pitkiäkin välimatkoja. Tekniikka mahdollistaa helpon liittymisen esimerkiksi reaaliaikaisiin videokonferensseihin.

Yhdistämällä lähiverkot voidaan myös etätyöntekijät liittää halpojen yhteyksien päähän. VoIP over WLAN -teknologia on vielä hyvin tuore ja siinä on useita asioita, joita tulee ottaa huomioon suunnitellessa sen käyttöönottoa tuotantoympäristöön. QoS (quality-of-service) eli palvelun laatu, puhelujen kontrolli, verkon kapasiteetti sekä arkkitehtuuri ovat ensimmäisinä esille nousevia asioita. VoIP over WLAN -sovelluksien toimivuuteen vaikuttaa eniten se, miten hyvin WLAN tukee QoS-ominaisuuksia.

Puhepalvelut vaativat korkean prioriteetin, jotta sillä saavutetaan ulkoisten verkkojen (esimerkiksi PSTN:n ja langattoman solurakenteisen verkon) asettamat ajoitusrajoitukset. Ideaalisesti yhdensuuntainen latenssi olisi 100ms, sillä enemmän kuin 300ms:n edestakaisen viiveen puhelussa on todettu vaikeuttavan keskustelua. Kun siirtotienä käytetään 802.11a/b/g-standardeja, täytyy WLAN-verkon kapasiteetti analysoida huolella, jotta voidaan olla varmoja, että se pystyy tukemaan VoIP:n asettamia vaatimuksia.

Kuluttajat voivat hankkia käyttöönsä myös virtuaalisen puhelinnumeron, johon voi soittaa tavallisista puhelinliittymistä myös ulkomailta paikallispuhelun hinnalla./4/

## 11 MOBIILI-VOIP

Mobiili-VoIP on laajennus VoIP verkkoon. On useita tapoja, jolla kännykkä liitetään VoIP verkkoon. Haasteena on tarjota IP:n edut menettämättä verkkopalveluita. Käyttäjät haluavat ilmaisen ja nopean Internetin ilman lisäkustannuksia. Yksi vaihtoehto on muuttaa kännykkä SIP-asiakkaaksi, joka sitten käyttää verkkoa lähettämään ja vastaanottamaan SIP viestejä ja lähettää ja vastaanottaa RTP:tä äänipolulta. Kännykän on tuettava nopeaa IP-kommunikaatiota. Tässä sovelluksessa VoIP protokollaa käytetään minkä tahansa laajakaistaisen IP-tuetun langattoman verkon kautta.

Toinen mahdollisuus on käyttää ohjelmistoa, joka toimii eräänlaisena porttina. Ohjelmisto siltaa SIP:n ja RTP:n mobiiliverkon infrastruktuuriin. Tässä tavassa kännykkä jatkaa toimimistaan kuten ennenkin, mutta nyt se tukee SIP-palveluita.

Mobiili-VoIP vaatii kompromissin taloudellisuuden ja liikkuvuuden välille. Esimerkiksi Wi-Fi:n kautta käytetty VoIP on periaatteessa ilmainen palvelu, mutta se on vain käytettävissä rajatulla alueella Wi-Fi:n tukiaseman suhteen.

Nopean yhteyden palveluilla voi olla parempi audion laatu ja laajempi peittoalue mukaan lukien nopeat tukiaseman vaihdot, mutta se maksaa enemmän kuin tavallinen Wi-Fi-pohjainen VoIP-palvelu. Mobiili-VoIP:sta tulee tärkeä palvelu lähivuosina, kun puhelinvalmistajat tuovat markkinoille entistä tehokkaampia prosessoreita ja halvempia muisteja, jotka vastaavat kuluttajien tarpeita paremmin.

Myös joihinkin matkapuhelimiin on mahdollista saada Javalla toteutettuja tai puhelimen käyttöjärjestelmässä olevia VoIP-sovelluksia, joilla voi puhelimen GPRS tai WLAN-yhteyttä käyttäen soittaa toisiin samanlaisiin

kännyköihin tai muihin nettipuhelimiin. Tällaiset puhelut maksavat vain GPRS-liikenteen hinnan tai WLAN-liikenteen tapauksessa eivät mitään. (Qoswami.2003:276)

### **Liikkuvuuden tuki**

Kuluttajat ovat valmiita maksamaan liikkuvuudesta. Todellinen liikkuvuus IP-verkossa tarkoittaa päätelaitteen kykyä siirtyä automaattisesti fyysisestä verkosta toiseen ilman, että puheluihin syntyy katkoa.

### **MIP**

Mobile IP (MIP) on Internetin yksi ratkaisu liikkuvuuteen. MIP käyttää kotiagenttia (Home Agent), jonka kautta päätelaite on saavutettavissa. Käytännössä myös paluusuuntainen liikenne kulkee yleensä tätä kautta. Kun liikkuva päätelaite kytkeytyy uuteen verkkoon, rekisteröityy se automaattisesti paikalliselle vieraalle agentille (Foreign Agent), joka edelleen välittää pyynnön päätelaitteen kotiagentille. Ongelmana on järjestelmän hitaus. Puhelun muodostaminen voi viedä kymmeniä sekunteja, joka ei saa kuluttajilta suosiota. Toinen MIP:n käyttöön liittyvä ongelma on turvallisuus. Vaikka MIP-konsepti tukee vahvaa todennusta, tarvitaan sen turvalliseen käyttöön silti IPSEC ja PKI.

### **Hierarchical MIP**

Hierarchical MIP (HMIP) on kehitetty nopeaan verkon vaihtoon. Tekniikka on vasta kokeiluasteella, mutta kokeiden mukaan HMIP:n avulla voidaan vaihtaa tukiasemaa kymmeniä kertoja sekunnissa kadottamatta yhtään IP-sanomaa.

### **HIP**

Host Identity Payload and Protocol (HIP) on tekniikka, jossa yhdistyy liikkuvuus, turvallisuus ja multi-homing. HIP tarjoaa samalla ratkaisun osoiteavaruuden ehtymiseen (ilman siirtymistä IPv6:een) sekä yhdysliikenteen IPv4:n ja IPv6:n välillä./13/

## 12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Perinteinen lankapuhelininfrastruktuuri on ollut jo vuosikymmeniä, joten siitä on kehittynyt erittäin luotettava järjestelmä. Vastakohtaisesti VoIP on suhteellisen uusi tekniikka, joka on rakennettu vähemmän luotettavan tietoverkon päälle. Siksi VoIP:n liittyy vielä paljon ratkaisemattomia ongelmia.

Internet-puhelupalvelut täydentävät ja korvaavat parhaimmillaan perinteisiä puhelupalveluja monipuolisilla toiminnoillaan, joustavilla ratkaisuillaan ja edullisilla hinnoillaan. Kuluttajat voivat tästä kokonaisuudesta valita tarpeisiinsa soveltuvat ratkaisut. Vaikkakin Internet yhteyksien saatavuus on yleistynyt viime vuosina huomattavasti, niin se on yleensä ollut paikkaan sidonnaista eli esimerkiksi Internetiin on päästy työpaikalla tai kotona. Kämmenmikroilla ja uusilla kännyköillä saadaan nykyään jo Internet-yhteys melkein paikasta riippumatta ja tämä antaa uudenlaista vapautta käyttää Internetin tarjoamia palveluita.

VoIP-tuki on ja tulee olemaan osa matkapuhelimia entistä paremmin ja monipuolisemmin. Joissain uusissa puhelimissa voi osoitekirjan tiedot synkronoida VoIP:n.



## LÄHTEET

### Painetut lähteet:

- 1 Davidson, Peter. Peters, James. 2002.Voice over IP..Helsinki. Edita Prima Oy.
- 2 Prasad, Anand. Prasad, Neeli. 2005. 802.11WLANs and IP working. Lontoo. Anand R. Prasad and Neeli R. Prasad.
- 3 Goswami. 2003.Internet Protocols.United States of America. Klluewr Academic Publishers.
- 4 Digitoday. [www-sivu], [viitattu 12.11.2008] Saatavissa <http://www.digitoday.fi/mobiili/2006/12/05/julkiset-wlanit-eivat-tue-VoIP-puheluja/200622634/66>
- 5 Minoli, Daniel. Minoli, Emma. 2002. Delivering Voice over IP Networks. United States of America. Wiley Publishing Inc.
- 6 Wikipedia[www-sivu],[viitattu 21.10.2008] Saatavissa [http://fi.wikIPedia.org/wiki/Puheen\\_pakkaaminen](http://fi.wikIPedia.org/wiki/Puheen_pakkaaminen)
- 7 Teleware[www-sivu],[viitattu 21.10.2008] Saatavissa [http://www.teleware.fi/1/kurssit/Puolustusvoimat\\_OSPF-MPLS/QoS.pdf](http://www.teleware.fi/1/kurssit/Puolustusvoimat_OSPF-MPLS/QoS.pdf)
- 8 Hip4Inter. [www-sivu],[viitattu 16.11.2008] Saatavissa [www.hIP4inter.net](http://www.hIP4inter.net)
- 9 [http://www.smartbridges.com/new\\_images/VOIP.jpg](http://www.smartbridges.com/new_images/VOIP.jpg)
- 10 Netlab . [www-sivu],[viitattu 16.11.2008] Saatavissa <http://www.netlab.hut.fi/tutkimus/IPana/paperit/IP-puhe.pdf>
- 11 Wikipedia. [www-sivu],[viitattu 16.11.2008] Saatavissa <http://en.wikIPedia.org/wiki/VoIP>
- 12 FCC. [www-sivu],[viitattu 16.11.2008] Saatavissa <http://www.fcc.gov/voip/>
- 13 <http://www.cs.helsinki.fi/u/kojo/inet/InetS06L12six.pdf>

# LIITTEET

Liite 1. Erilaiset VoIP yhteydet kaupunkiympäristössä

